

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(11) DE 3701733 A1

(51) Int. Cl. 4:

C30B 15/14

C 30 B 15/10

H 02 K 44/06

// C30B 29/06,29/42,

33/00

(21) Aktenzeichen: P 37 01 733.0

(22) Anmeldetag: 22. 1. 87

(43) Offenlegungstag: 4. 8. 88

DE 3701733 A1

(71) Anmelder:

Kawasaki Steel Corp., Kobe, Hyogo, JP

(74) Vertreter:

Pagenberg, J., Dr.jur., Rechtsanw.; Bardehle, H.,  
Dipl.-Ing., Pat.-Anw.; Frohwitter, B., Dipl.-Ing.,  
Rechtsanw.; Dost, W., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;  
Altenburg, U., Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte; Kroher, J.,  
Dr., Rechtsanw.; Geißler, B., Dipl.-Phys.Dr.-jur., Pat.-  
u. Rechtsanw., 8000 München

(72) Erfinder:

Haida, Osamu; Aratani, Fukuo, Chiba, JP

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Züchten von Czochralski-Einkristallen

Beim Züchten von Einkristallen von Halbleitersilicium mit dem Czochralski-Verfahren aus einer Schmelze wird an die Schmelze ein magnetisches Wanderfeld angelegt. Das Anlegen des magnetischen Wanderfeldes hat die Wirkung, den thermischen Konvektionsfluß in der Schmelze zu unterdrücken und folglich die Sauerstoffkonzentration in dem so gezogenen Silicium-Einkristall zu unterdrücken, ohne die Variation im spezifischen Widerstand innerhalb der Ebene der durch Aufschneiden des Einkristalls hergestellten Silicium-wafer zu erhöhen.

DE 3701733 A1

## Patentansprüche

1. Verfahren für die Herstellung eines Einkristalls mit dem Czochralski-Verfahren durch Hochziehen des Einkristalls an einem Impfkristall aus einer in einem Schmelzriegel enthaltenen Schmelze, **durch gekennzeichnet**, daß man an die in dem Schmelzriegel enthaltene Schmelze ein magnetisches Wanderfeld anlegt.

2. Vorrichtung für das Czochralski-Einkristallzüchten durch Hochziehen des Einkristalls aus einer Schmelze, gekennzeichnet durch

(1) einen Schmelzriegel (2), in dem die Schmelze (4) enthalten ist;

(2) eine Einrichtung (6) zum Beheizen der in dem Schmelzriegel (2) enthaltenen Schmelze (4); und

(3) eine Einrichtung (1) zum Anlegen eines magnetischen Wanderfeldes an die in dem Schmelzriegel (2) enthaltene Schmelze (4), wobei die Einrichtung (1) den Umfang der Seitenwände des Schmelzriegels (2) umgibt.

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren für die Herstellung eines Einkristalls und eine dafür verwendete Vorrichtung. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Züchten von Czochralski-Einkristallen aus verschiedenartigen Materialien unter Einschluß von Halbleitern wie Silicium und Galliumarsenid und anderen anorganischen Verbindungen und eine dafür verwendete Vorrichtung.

Das Czochralski-Verfahren zum Züchten von Einkristallen ist ein Verfahren, bei dem der Einkristall gezüchtet wird, indem man einen Impfkristall aus einer Schmelze des kristallisierbaren, in einem Schmelzriegel enthaltenen Materials herauszieht. Dieses Verfahren der Einkristallzüchtung wird weitverbreitet angewandt bei der industriellen Fertigung von Einkristallen von Halbleitern wie hochreinem Silicium, Galliumarsenid u.ä., weil das Verfahren geeignet ist für die Herstellung eines Einkristallkörpers mit relativ großem Durchmesser. Das Czochralski-Verfahren der Einkristallzüchtung hat jedoch verschiedene Nachteile, z.B. daß der Einkristall aus Halbleiter-Silicium Sauerstoff als Verunreinigung in relativ hoher Konzentration enthält und daß er manchmal Striationsfehler hat, die im Verlauf des Züchtens gebildet werden.

Um diese Probleme zu lösen, wurde in der japanischen Patentveröffentlichung 58-50 953 vorgeschlagen, an die im Schmelzriegel enthaltene Siliciumschmelze ein statisches Magnetfeld anzulegen, um den Fluß des geschmolzenen Siliciums zu unterdrücken. Die Wirksamkeit dieses Verfahrens ist einerseits aus der Tatsache verständlich, daß der Nernst'sche Gleichgewichtsverteilungskoeffizient von Sauerstoff in Silicium zwischen den festen und flüssigen Phasen mit 1,25 größer als 1 ist, so daß die Sauerstoffkonzentration im geschmolzenen Silicium in Kontakt mit oder in der Nähe des im Wachstum befindlichen Einkristalls immer kleiner sein sollte als in der Masse des geschmolzenen Siliciums im Schmelzriegel. Entsprechend kann man die in dem Silicium-Einkristall aufgenommene Sauerstoffkonzentration vermindern, indem man den Fluß des geschmolzenen Siliciums unterdrückt, der in die fest/flüssige Grenzschicht aus der Masse des geschmolzenen Siliciums Sauerstoff ein-

bringt. Zusätzlich würde andererseits das Unterdrücken des Flusses im geschmolzenen Silicium das Lösen von Sauerstoff aus dem aus Quarzglas hergestellten Schmelzriegel in dem geschmolzenen Silicium wirksam verringern, so daß folglich die zur fest/flüssigen Grenzschicht gebrachte Sauerstoffmenge verringert wird.

Weiter wird in der japanischen Patentoffenlegung 59-1 31 597 berichtet, daß ein Galliumarsenid-Einkristall von hoher Qualität ohne Striationen erhalten werden kann, wenn man beim Züchten des Einkristalls nach dem Czochralski-Verfahren an die Schmelze ein statisches Magnetfeld anlegt. Es wird auch in der japanischen Patentoffenlegung 55-10 405 vorgeschlagen, die Siliciumschmelze bei der Czochralski-Einkristallzüchtung einem rotierendem Magnetfeld zu unterwerfen, um so dem geschmolzenen Silicium eine Rotationskraft mitzugeben.

Gemäß dem in Japanese Journal of Applied Physics, 19 (1980), S. L33 - 36 mitgeteilten experimentellen Ergebnissen kann man die Sauerstoffkonzentration in dem Silicium-Einkristall verringern, wenn man den wachsenden Einkristall in der gleichen Richtung rotiert, wie das geschmolzene Silicium durch das rotierende Magnetfeld umläuft, und kann die Sauerstoffkonzentration noch weiter verringern, wenn man auch den Schmelzriegel in der gleichen Richtung rotieren läßt. Der Grund für diesen vorteilhaften Effekt ist vermutlich der, daß, wenn dem geschmolzenen Silicium in der gleichen Richtung wie dem wachsenden Einkristall und dem Schmelzriegel ein Drehmoment gegeben wird, das geschmolzene Silicium anscheinend relativ zum wachsenden Einkristall und zum Schmelzriegel unbewegt ist, so daß ein ähnlicher Effekt wie beim Anlegen eines statischen Magnetfeldes erhalten werden kann.

Beim Czochralski-Verfahren zur Einkristallzüchtung wird der wachsende Einkristall während des Rotierens entlang der vertikalen Achse hochgezogen. Wenn man dem wachsenden Einkristall ein Drehmoment gibt, ist es deshalb eine der Aufgaben, die Dotierungskonzentration innerhalb der Radialebene des Einkristalls so gleichmäßig wie möglich zu haben. Die Dotierungselemente wie Phosphor und Bor haben einen Nernst'schen fest/flüssig-Verteilungskoeffizienten kleiner als 1, so daß im Gegensatz zu Sauerstoff deren Konzentration an der fest/flüssigen Grenzschicht höher ist als in der Masse des geschmolzenen Siliciums. Die Konzentration von Phosphor und Bor an der fest/flüssigen Grenzschicht wird bestimmt durch das Gleichgewicht zwischen der Austragsgeschwindigkeit durch die Verfestigung und der Diffusionsgeschwindigkeit in die Masse des geschmolzenen Siliciums.

Wenn der Einkristall beim Wachsen nicht rotiert wird, zeigt ein in der Masse des geschmolzenen Siliciums durch thermische Konvektion erzeugter Fluß für den äußeren Teil der fest/flüssigen Grenzschicht eine Ablenkwirkung, um die oben erwähnte Diffusion zu beschleunigen, so daß die Konzentration des Dotierungsmittels des Teiles relativ zu der des Teiles am Mittelpunkt herabgesetzt wird. Wenn man den Einkristall während des Wachsens rotieren läßt, wird andererseits in der Masse des geschmolzenen Siliciums genau unterhalb der Rotationsachse des Einkristalls ein aufsteigender Fluß oder ein sog. Zwangs-Konvektionsfluß erzeugt, um den Effekt zu zeigen, den Unterschied in der Konzentration des Dotierungsmittels zwischen den Teilen am Mittelpunkt und in der Umgebung der Seitenoberfläche zu minimieren. Dies ist der zu vermutende Mechanismus für den Effekt, daß die Gleichmäßigkeit

der Dotierungskonzentration innerhalb der Radialebene dadurch erhöht wird, daß man dem Einkristall eine Rotation gibt, um in dem geschmolzenen Silicium einen Zwangs-Konvektionsfluß zu erzeugen.

Ein an die Silicium- oder Galliumarsenidschmelze angelegtes statisches Magnetfeld hat nicht nur auf die thermische Konvektion sondern auch auf die Zwangs-Konvektion einen Unterdrückungseffekt. Die Zwangs-Konvektion wird auch verringert, wenn ein rotierendes Magnetfeld an das geschmolzene Silicium angelegt wird, so daß diesem ein Drehmoment in der gleichen Richtung wie dem wachsenden Einkristall gegeben wird. Diese Verringerung der Konvektivbewegungen, d.h. die Abnahme des Ablenkeffektes ergeben eine Zunahme der Konzentration der Dotierungselemente an der fest/flüssigen Grenzschicht aufgrund des Austrageeffektes. Schwach örtliche Flußschwankung, die durch Anlegen des magnetischen Feldes nicht vermieden werden kann, setzt die hohe Konzentration des Dotierungselementes nahe der fest/flüssigen Grenzschicht ungleichmäßig herab und verursacht eine große Konzentrationsverteilung in dem Kristall. Deshalb ist es eine unvermeidbare Folge des Anlegens eines statischen oder rotierenden Magnetfeldes an das geschmolzene Silicium, daß die Verteilung der Dotierungskonzentration innerhalb der Radialebene des Einkristalls weniger gleichmäßig ist.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren zur Herstellung eines Silicium-Einkristalls durch das Czochralski-Verfahren anzugeben, bei dem die Gleichmäßigkeit der Dotierungskonzentration innerhalb der Radialebene des Einkristalls erhöht wird, und bei dem das Lösen von Sauerstoff aus dem Siliciumdioxidmaterial des Schmelzriegels in die Siliciumschmelze minimiert wird.

Eine andere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung für das Czochralski-Einkristallzüchten von Silicium anzugeben, bei dem das Lösen von Sauerstoff aus dem Siliciumdioxidmaterial des Schmelzriegels in die Siliciumschmelze minimiert wird und ein Silicium-Einkristall mit erhöhter Gleichmäßigkeit der Dotierungskonzentration innerhalb der Radialebene des Einkristalls erhalten werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren für die Herstellung eines Einkristalls mit dem Czochralski-Verfahren durch Hochziehen des Einkristalls an einem Impfkristall aus einer in einem Schmelzriegel enthaltenen Schmelze beinhaltet deswegen das Anlegen eines magnetischen Wanderfeldes an die in dem Schmelzriegel enthaltene Schmelze.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Czochralski-Einkristallzüchten durch Hochziehen des Einkristalls aus einer Schmelze weist auf:

- (1) einen Schmelzriegel, in dem die Schmelze enthalten ist;
- (2) eine Einrichtung zum Beheizen der in dem Schmelzriegel enthaltenen Schmelze; und
- (3) eine Einrichtung zum Anlegen eines magnetischen Wanderfeldes an die im Schmelzriegel enthaltene Schmelze, wobei die Einrichtung den Umfang der Seitenwände des Schmelzriegels umgibt.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung; es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der erfindungs-

gemäßen Vorrichtung in axialem Schnitt:

Fig. 2 und 3 jeweils eine schematische Darstellung der Flußlinien in der Schmelze, wenn der Einkristall beim Wachsen nicht rotiert bzw. bei Rotation;

Fig. 4 eine Auftragung, die die Sauerstoffkonzentration des Siliciums-Einkristalls zeigt, der gemäß dem Verfahren der Erfindung gezüchtet wird als Funktion des magnetischen Wanderfeldes.

Wie durch die vorstehend gegebene Zusammenfassung der Erfindung verständlich wird, besteht der Sinn der vorliegenden Erfindung im Anlegen eines magnetischen Wanderfeldes an eine in einem Schmelzriegel enthaltene Siliciumschmelze, aus dem ein Silicium-Einkristall mit dem Czochralski-Verfahren hochgezogen wird. Diese Einrichtung vermeidet wirksam den thermischen Konvektionsfluß der Schmelze ohne den Zwangs-Konvektionsfluß der Schmelze zu verringern, der durch die Rotation des Einkristalls beim Wachsen verursacht wird.

Wie in Fig. 2 schematisch dargestellt ist, wird ein durch die Pfeile 10 gezeigter thermischer Konvektionsfluß in der in einem Schmelzriegel 3 enthaltenen Schmelze 4 erzeugt, wenn ein wachsender Einkristall 5 im Kontakt mit der Oberfläche der Schmelze 4 nicht rotiert wird. Wenn der wachsende Einkristall 5 rotiert wird wie Fig. 3 gezeigt, wird ein Zwangs-Konvektionsfluß 11 in der in dem Schmelzriegel 3 enthaltenen Schmelze 4 erzeugt und der Zwangs-Konvektionsfluß 11 gleicht zumindest teilweise den thermischen Konvektionsfluß 10 aus, um den unerwünschten durch den thermischen Konvektionsfluß 10 hervorgerufenen Effekt zu vermindern. Das Anlegen eines magnetischen Wanderfeldes dient zum weiteren Unterdrücken des unerwünschten thermischen Konvektionsflusses 10, ohne den Zwangs-Konvektionsfluß 11 zu vermindern. Die Einrichtung für das Anlegen eines magnetischen Wanderfeldes besteht aus einem Elektromagneten, der den die Schmelze enthaltenden Schmelzriegel umgibt und aus einer elektrischen Energieversorgung, die die Magnetspule mit einem Niederfrequenz-Wechselstrom versorgt. Wenn ein magnetisches Wanderfeld an ein elektrisch leitendes Fluid angelegt wird, wird dem Fluid durch die Wechselwirkung des induzierten elektrischen Stromes und dem magnetischen Feld eine Fluß-Antriebskraft gegeben. Diese Prinzip wird genutzt in elektromagnetischen Pumpen zum Fluidtransport u.ä. In diesem Falle ist der Bereich, in dem der elektrische Strom induziert wird oder die Eindringtiefe  $D$  gegeben durch die Gleichung

$$D = (1/\pi \cdot f \cdot v \cdot c)^{1/2} \quad (1)$$

wobei  $v$  die magnetische Permeabilität,  $c$  die elektrische Leitfähigkeit und  $f$  die Frequenz des magnetischen Wanderfeldes ist. Eine Zunahme der Frequenz  $f$  des magnetischen Wanderfeldes hat so den Effekt, die Eindringtiefe  $D$  zu verringern. Dies bedeutet, daß die Eindringtiefe  $D$  oder mit anderen Worten der Bereich, in dem das elektrisch leitende Fluid eine Fluß-Antriebskraft erfährt, aufgabengemäß durch geeignete Wahl der Frequenz des magnetischen Wanderfeldes gesteuert werden kann.

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung durch axialen Schnitt, in der eine Magnetspule 1 zur Erzeugung eines magnetischen Wanderfeldes außerhalb der Wände der Kammer so eingerichtet ist, daß der Schmelzriegel 3 davon umgeben wird. Die Magnetspule 1 hat die Form eines

aufrechten Zylinders, der dazu dient, an die Siliciumschmelze 4 im Schmelzgiegel 3 ein axialsymmetrisches magnetisches Wanderfeld anzulegen.

Die Siliciumschmelze 4 im Schmelzgiegel 3 wird durch den Heizer 6 durch die Wände des Schmelzgiegels 3 beheizt, so daß selbstverständlich daraus folgt, daß die Temperatur des geschmolzenen Siliciums 4 in der Umgebung der Wände des Schmelzgiegels 3 höher ist als in der Masse der Schmelze 4. Die durch diese Temperaturdifferenz hervorgerufene Schwimmkraft in der Schmelze 4 führt zu dem in den Fig. 2 und 3 gezeigten thermischen Konvektionsfluß 10. Der Sinn der vorliegenden Erfindung besteht darin, dem geschmolzenen Silicium 4 in der Umgebung der Wände des Schmelzgiegels 3 mit Hilfe einer magnetischen Wanderkraft bzw. eines magnetischen Wandefeldes eine elektromagnetische Antriebskraft zu geben, die die oben erwähnten Schwimmkraft entgegenwirkt.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend detaillierter mit Hilfe von Beispielen beschrieben.

#### Beispiel 1

Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung wurde für das Czochralski-Einkristallzüchten von Halbleitersilicium verwendet. Der Schmelzgiegel 3 in dieser Vorrichtung enthielt eine Siliciumschmelze 4 aus der ein Silicium-Einkristall 5 an einem Impfkristall hochgezogen wurde. Der Schmelzgiegel 3 wurde mit einem ihn umgebenden Heizelement 6 beheizt und es wurde ein Wärmeschild 7 in den Raum zwischen dem Heizelement 6 und den Seitenwänden 2 der Kammer eingebaut. Eine Magnetspule 1 wurde außerhalb der Wände 2 der Kammer in einer Art eingebaut, daß der Schmelzgiegel 3 davon umgeben war. Die Magnetspule 1 wurde von einer elektrischen Niederfrequenzenergiequelle (in der Figur nicht gezeigt) mit Wechselstrom versorgt, um ein magnetisches Wanderfeld zu erzeugen.

In diesem Beispiel war die Frequenz des Wechselstroms 100 Hz und die Siliciumschmelze 4 in dem Schmelzgiegel wurde mit einem abwärts wandernden Magnetfeld von 100 Gauss in der unmittelbaren Umgebung der Seitenwände des Schmelzgiegels 3 beaufschlagt. Getrennt davon wurde ein Vergleichsversuch durchgeführt, bei dem dieselbe Vorrichtung verwendet wurde, jedoch ohne die Magnetspule 1 mit Energie zu versorgen. In jedem dieser Experimente wurden der wachsende Einkristall 5 und der Schmelzgiegel in entgegengesetzten Richtungen mit Geschwindigkeiten von 20 bzw. 10 Umdrehungen pro Minute rotiert.

Jeder der Silicium-Einkristallkörper in den Erfindungs- und Vergleichsversuchen, die auf die oben beschriebene Weise durchgeführt wurden, wurde in Wafer geschnitten und es wurden Vergleiche angestellt bezüglich der Sauerstoffkonzentration und der Variation des spezifischen Widerstandes innerhalb der Ebene der Wafer unter Verwendung der Wafer, die aus dem Teil genau unterhalb der Schulter der Körper entnommen wurden. Die Ergebnisse waren, daß die Sauerstoffkonzentrationen in den Erfindungs- und Vergleichswafern  $(3.5 \pm 0.5) \times 10^{17}$  bzw.  $(15 \pm 2) \times 10^{17}$  Sauerstoffatome pro  $\text{cm}^3$  betrugen, während die Variation des spezifischen Widerstandes innerhalb der Ebene der Wafer 5% bei jedem der Wafer betrug. Diese Ergebnisse zeigen somit klar auf, daß das Anlegen eines magnetischen Wandefeldes an das geschmolzene Silicium wirksam war, die Sauerstoffkonzentration auf etwa ein Viertel derjenigen in Abwesenheit des magnetischen Wandefeldes herabzusetzen, vermutlich aufgrund des vermindernden Lösens von Sauerstoff aus dem den Schmelzgiegel bildenden Silicium-Material als Ergebnis der Unterdrückung der thermischen Konvektionsflusses der Schmelze durch das magnetische Wandefeld ohne die Gleichmäßigkeit in der Verteilung des spezifischen Widerstandes oder der Dotierungskonzentration innerhalb der Ebene der Wafer zu beeinträchtigen.

#### Beispiel 2

Die gleiche wie in Beispiel 1 verwendete Vorrichtung wurde in verschiedenen Versuchen der Czochralski-Einkristallzüchtung von Silicium verwendet unter Anlegen eines magnetischen Wandefeldes von 20, 40 oder 70 Gauss. Der wachsende Einkristall und der Schmelzgiegel wurden in entgegengesetzten Richtungen mit Geschwindigkeiten von 20 bzw. 10 Umdrehungen pro Minute rotiert. Die auf diese Weise erhaltenen Silicium-Einkristallkörper wurden in Wafer geschnitten und die Sauerstoffkonzentration wurde in dem aus dem Teil genau unterhalb der Schulter entnommenen Wafer bestimmt und ergab die in der Auftragung von Fig. 4 gezeigten Ergebnisse als Funktion der Stärke des magnetischen Wandefeldes zusammen mit den in Beispiel 1 erhaltenen Ergebnissen.

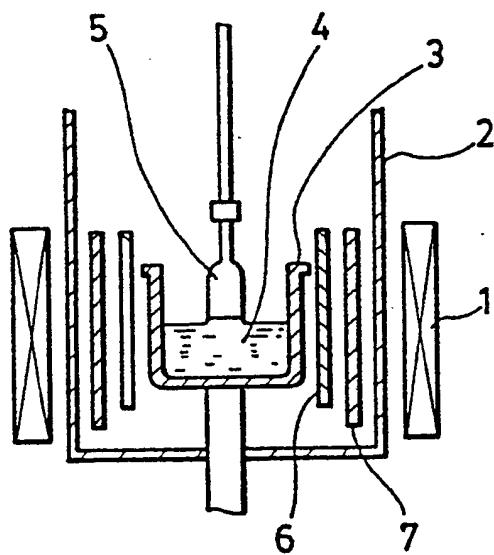
Wie aus dieser Figur verständlich ist, wird die Sauerstoffkonzentration in dem Wafer herabgesetzt, wenn das magnetische Wandefeld erhöht wird. Deshalb folgt aus der vorliegenden Erfindung, daß die Sauerstoffkonzentration in dem Silicium-Einkristallwafer innerhalb eines gewünschten Bereiches gesteuert werden kann durch geeignetes Einstellen des magnetischen Wandefeldes, das an die Siliciumschmelze angelegt wird, so daß die Silicium-Einkristalle, die gemäß der vorliegenden Erfindung gezüchtet werden, verwendet werden können für die Fertigung von Silicium-Wafers mit geringer Sauerstoffkonzentration, die für Leistungstransistoren u.ä. erforderlich sind und für die Fertigung von Silicium-Wafers als Substrat von LSIs, bei denen kleine Variationen des spezifischen Widerstandes innerhalb der Wafer-Ebene zusammen mit wohlkontrollierter Sauerstoffkonzentration wesentlich ist.

**- Leerseite -**

3701733

Nummer: 37 01 733  
Int. Cl. 4: C 30 B 15/14  
Anmeldetag: 22. Januar 1987  
Offenlegungstag: 4. August 1988

FIG. 1



3701733

FIG. 2

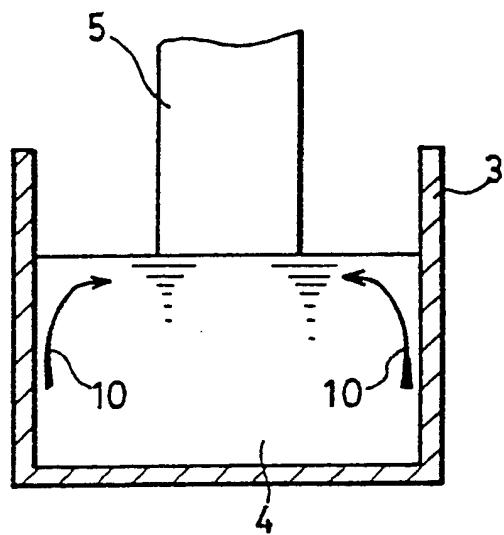
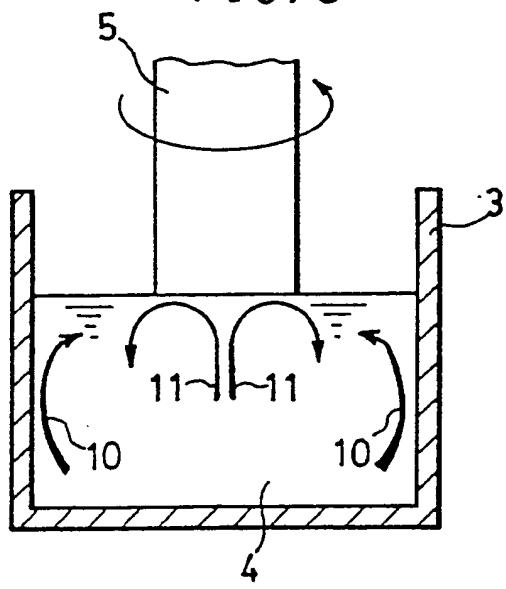


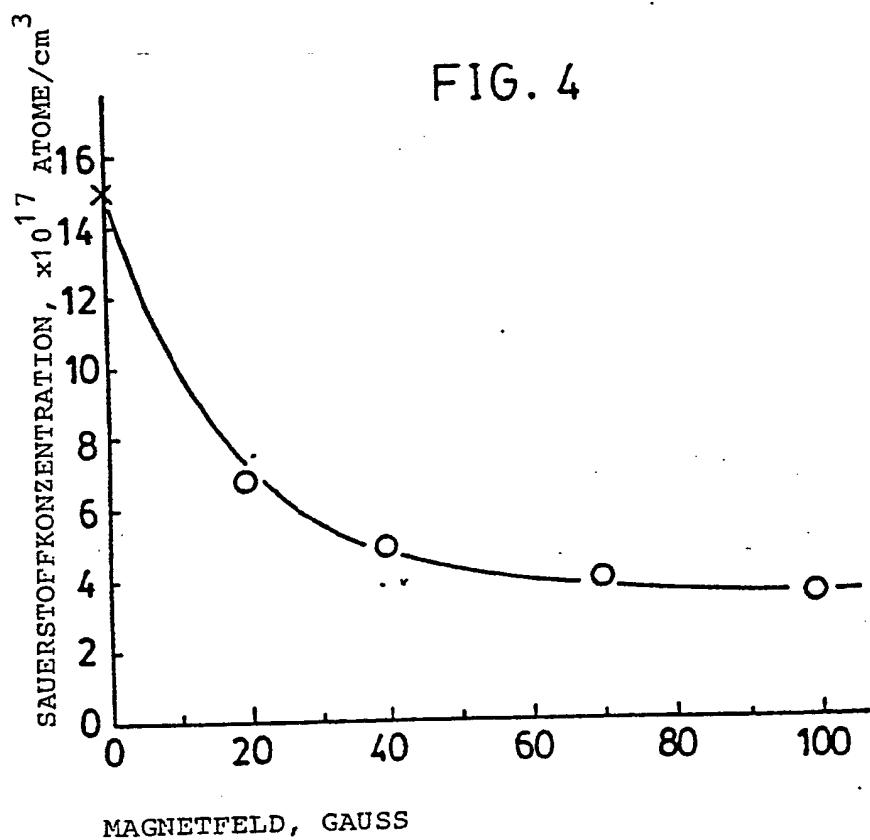
FIG. 3



3701733

15.

FIG. 4



⑨日本国特許庁 (JP)

⑩特許出願公開

⑪公開特許公報 (A) 昭60-264391

⑫Int.Cl.

C 30 B 15/14  
H 01 L 21/02  
21/208

識別記号

厅内整理番号

⑬公開 昭和60年(1985)12月27日

6542-4G  
7168-5F  
7739-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全3頁)

⑭発明の名称 結晶製造装置

⑮特願 昭59-117936

⑯出願 昭59(1984)6月8日

⑰発明者 鮎澤俊彦 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
⑲出願人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号  
⑳代理人 弁理士菅野中

明細書

1.発明の名称

結晶製造装置

2.特許請求の範囲

(1)ルツボ内の融液の加熱温度を制御しつつ、該液中の成分化学物質を凝固させて結晶成長させる結晶製造装置において、2以上の発熱体をルツボの外周に沿つて配設するとともに上下に複数段設け、上下段の発熱体を逆位相の多相電源にそれぞれ結線したことを特徴とする結晶製造装置。

3.発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、融液より成分化学物質を凝固させて結晶成長させる結晶製造装置に関するものである。

[従来技術とその問題点]

近年、半導体装置が多量に、かつ多方面に使用されるのに伴ない、半導体装置に要求される特性が多様化し、また精緻な構造が要求されるようになつてきており、必然的に半導体装置製造にも高

度の制御性と、効率性とが要求されるようになつてきた。さらに、これらの要求を満たすために、半導体装置の基礎をなす結晶には高度の均一性、完全性、不純物制御性が求められている。

融液から結晶成長させる例として、元素周期表Ⅲ族及びV族元素からなる砒化ガリウムの融液封止チヨクラルスキ法による単結晶成長を例に挙げて従来装置について説明する。第6図において、1は結晶成長母体融液、2は石英或いは窒化硼素よりなるルツボ、3は炭素製ルツボ、4は封止融液相、5は成長結晶である。また8はリング状の発熱体で、ルツボを全周から加熱するものである。砒化ガリウム単結晶成長には、砒化ガリウム凝固点付近の温度条件下で、蒸気圧の高い砒素を含むため、砒化ガリウム融液1上に低融点ガラス物質、例えば酸化硼素( $B_2O_3$ )よりなる封止融液相4を設け、成長容器P内に不活性ガスを与えて内部を、砒素の蒸発の抑制に充分な圧力に保ちつつ結晶成長がなされる。かかる状況で結晶の品質に大きな影響を及ぼすものは温度及びその源泉である熱移

動、特に結晶成長の母液たる GaAs 液の温度及びその変化、封止融液—母液界面付近及び母液—結晶界面付近、封止融液—容器内外気界面付近の温度勾配である。しかし、従来は 1 個の発熱体で温度コントロールするため、結晶成長方向の温度分布を制御するには限度があり、しかも融液内の対流による物質及び熱移動はコントロールすることができず、結晶の品質を向上させることができなかつた。

## 〔発明の目的〕

本発明は前記問題点を解決し、結晶の品質に影響を与える要因の変動を抑制し、良質の結晶を得る結晶製造装置を提供するものである。

## 〔発明の構成〕

本発明は 2 以上の発熱体をルツボの外周に沿つて配設するとともに、上下に複数段設け、上下段の発熱体を逆位相の多相電源に結線したことを特徴とする結晶製造装置である。

## 〔実施例〕

以下に、本発明の一実施例を図により説明する。

(3)

発熱体 6, 7 でルツボを加熱し、かつその温度を制御することにより、融液 1 の表面で成長した結晶は封止融液相 4 を通して育成され、結晶 5 として融液外へ成長される。この点は従来と同様である。

本発明は発熱体 6, 7 を△結線し、上下段をそれぞれ逆位相となるように三相電源 9a, 9b に結線させているため、上下段の発熱体 6, 7 に加えられた多相電流によりルツボの部分に逆向きの三相回転磁界が生じ、第 4 図に示すようにこの磁界の影響を受けてルツボ 2 内の融液 1 が上下で相異なる方向に誘導回転される。したがつて、本発明によれば、1) 融液及び結晶における巨視的温度分布は上下段両発熱体 6, 7 からの発熱量をそれらに加える電力を制御することにより、調節して所望の温度分布になる。2) 融液内の対流による物質及び熱移動は第 5 図に示すように発熱体に加えられたそれぞれの位相の電流で生ずる逆向きの三相回転磁界により融液を上下に分断して相異なる方向に誘導回転させる方法で抑制される。

(5)

第 1 図に示すように、融液 1 を収容するルツボ 2 が、炭素製ルツボ 3 に支えられている点は従来と同様である。

図において、本発明では 2 以上の発熱体 6, 7 を用い、この発熱体 6, 7 をルツボ 2, 3 の外周に上下に配設する。尚、発熱体を上下二段に配設した場合を図示したが、これに限定されるものではない。第 2 図(a), (b) に示すように、各段の発熱体 6, 7 は 2 以上あるから、これらの発熱体 R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, ..., (6, 7) を各段毎に△結線し、上段の発熱体 R<sub>1</sub>(6) の 3 つの端子を反時計方向廻りに三相電源 9a [U - V - W 相の順序] でそれぞれ結線するとともに、下段の発熱体 R<sub>2</sub>(7) の 3 つの端子を三相電源 9b [U - W - V 相の順序] でそれぞれ結線する。

発熱体 6, 7 の具体例を第 3 図(a), (b) に示す。各発熱体 6, 7 は図に示すように上下に蛇行しつつ筒状に形成された綫状の炭素製抵抗体からなり、周方向の長さを 3 等分する位置にそれぞれ端子 6a, 6b, 6c, 7a, 7b, 7c が設けられ、各端子を通して三相電源に結線したものである。

(4)

尚、実施例では△結線型二段三相発熱体による融液封止チヨクラルスキ法について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、二相電源または 4 相以上のものにより回転磁界を生じさせても良い。また、本発明は例えばブリッジマン結晶方法、常圧或いは減圧の通常のチヨクラルスキ法等にも適用できる。

## 〔発明の効果〕

本発明は以上説明したように、ルツボの外周に周方向に分割された発熱体を上下に複数段配設して温度をコントロールし、かつ発熱体を多相電源に結線して回転磁界を生じさせて融液の動きをコントロールするようにしたので、結晶成長方向の温度分布制御性、結晶成長に垂直な面内における温度のよりよい均一性を保つことができ、かつ対流による不純物移動の抑制ができ、特に結晶成長界面付近の急峻な温度勾配による熱歪に起因する成長結晶の不完全性を避けることができる効果を有するものである。

## 4. 図面の簡単な説明

(6)

第1図は本発明の一実施例を示す構成図、第2図(a), (b)は発熱体の結線図、第3図(a)は本発明に係る発熱体の具体的構造を示す斜視図、(b)はその平面図、第4図は融液の回転を示す構成図、第5図は融液内の物質の移動を示す図、第6図は従来装置の構成図である。

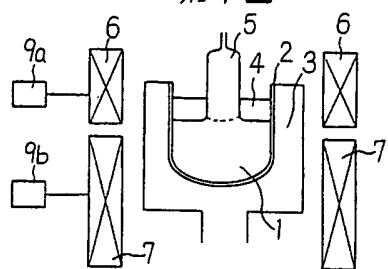
2,3 … ルツボ、6,7 … 発熱体、9a,9b … 三相電源

特許出願人 日本電気株式会社

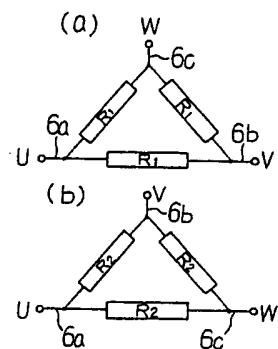
代理人 弁理士 菅野 中

(7)

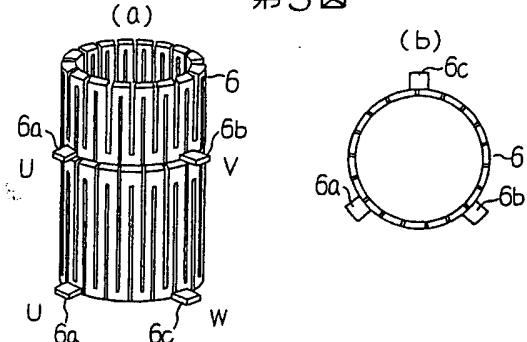
第1図



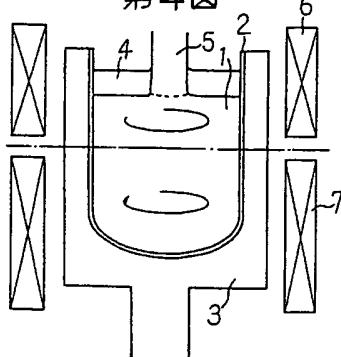
第2図



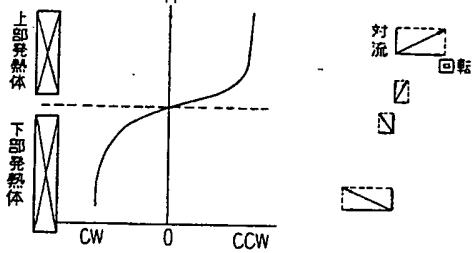
第3図



第4図



第5図



第6図

